

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-279367

(43) 公開日 平成9年(1997)10月28日

| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------------------|-------|--------|--------------------------------|-----------------|
| C 2 3 F 1/00 4/00 | 1 0 2 | | C 2 3 F 1/00 4/00 | 1 0 2 C E |
| G 0 2 F 1/1343 G 0 3 F 7/40 | 5 2 1 | | G 0 2 F 1/1343 G 0 3 F 7/40 | 5 2 1 |
| 審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 9 頁) 最終頁に続く | | | | |

(21) 出願番号 特願平8-95094

(22) 出願日 平成8年(1996)4月17日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 大土井 雄三

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

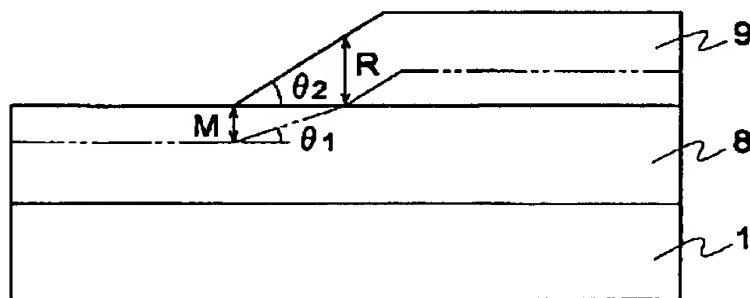
(74) 代理人 弁理士 朝日奈 宗太 (外2名)

(54) 【発明の名称】 A 1 テーパドライエッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 液晶ディスプレイなどの薄膜デバイスの配線材料として使用されているA 1 のA 1 テーパドライエッチング方法を提供すること。

【解決手段】 所望の小さいA 1 テーパ角に対応した小さいレジストテーパ角を有するレジストパターンをA 1 またはA 1 合金膜上に形成する工程および該レジストパターンを有するA 1 またはA 1 合金膜に異方性ドライエッチングを行なう工程からなる、小さいA 1 テーパ角をうるためのレジスト後退法にもとづくA 1 テーパドライエッチング方法。



1 基板

8 A 1

9 レジスト

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所望の小さいA1テーパ角に対応した小さいレジストテーパ角を有するレジストパターンをA1またはA1合金膜上に形成する工程および該レジストパターンを有するA1またはA1合金膜に異方性ドライエッチングを行なう工程からなる、小さいA1テーパ角をうるためのレジスト後退法にもとづくA1テーパドライエッチング方法。

【請求項2】 A1テーパ角が 60° 以下である請求項1記載の方法。

【請求項3】 レジストテーパ角が 80° 以下である請求項1記載の方法。

【請求項4】 レジストパターン形成工程において、レジスト現像後にレジストプリベーク温度以上の温度でポストベークする請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項5】 レジストパターン形成工程において、塗布したレジストの乾燥後の膜厚が $1.5\mu\text{m}$ 以下である請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項6】 レジストパターン形成工程において、露光時の焦点位置が、露光機のレジストパターン線幅に対する焦点範囲からはずれたものである請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項7】 レジストパターン形成工程において、露光時の露光量が最適露光量より多いオーバー露光である請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項8】 レジストパターン形成工程において、露光機の解像度が形成するレジストパターン線幅より低い請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項9】 レジストパターン形成工程において、レジスト感度曲線における γ 値が1.5以下である請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項10】 ドライエッチング工程が、基板側に高周波電力を印加する平行平板RIE方式イオン性エッチングまたは基板側に高周波電力を印加するプラズマエッチングで行なう請求項1記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項11】 ドライエッチング工程におけるエッチング時のガス圧力が 30mTorr 以下である請求項10記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項12】 ドライエッチング工程において、エッチングガスの BCl_3 濃度が $80\sim 100\%$ である請求項10記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項13】 ドライエッチング工程において、エッチング時のA1のエッチングレートとレジストのエッチングレートとの比が1.0以下である請求項10記載のA1テーパドライエッチング方法。

【請求項14】 ドライエッチング工程において、エッチングガスに含フッ素化合物のガスを添加する請求項10記載のA1テーパドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、LSIおよび液晶ディスプレイなどの薄膜素子の配線材料に使用されているアルミニウム(A1)またはA1合金(以下、合わせて「A1」という)の加工法に関する。本発明は、とくに、薄膜トランジスタ(TFT)に代表されるアクティブマトリックス方式の液晶ディスプレイのA1ゲート配線および他のA1配線のテーパドライエッチング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、液晶ディスプレイでは、パターンの最小線幅が $1\mu\text{m}$ 以下のLSIとは異なり、通常 $2\sim 10\mu\text{m}$ 以上と広い。ゲート配線には、加工のしやすさ、および耐薬品性などから、Cr、Ta、Mo、Wまたはこれらの合金が一般的に用いられている。しかし、大画面化および高精細化などに伴い、ゲート配線の電気抵抗の増大による信号遅延が問題になってきている。また、少しでもゲート線幅を小さくしてパネルの開口率を大きくするために、電気抵抗の低いA1ゲート電極が望まれるようになった。

【0003】また、A1の加工は、硝酸、リン酸もしくは酢酸系のウェットエッチング、またはC1系ガスを用いたドライエッチングで行なうことができる。現在、液晶ディスプレイにおいてA1を使用するばあいには主としてウェットエッチングが使用されているが、配線の微細化、再現性確保、廃棄物の削減およびコストの低減を考えたばあい、LSIと同様にA1の加工はウェットエッチングからドライエッチングに向かうものと考えられる。

【0004】図8はフラットパネル・ディスプレイ'91(日経BP社刊行)の88~99頁に記載されている液晶ディスプレイのTFT断面図である。図において、1はガラスまたは石英などからなる基板、2はA1、Cr、Ta、MoまたはWなどからなるゲート配線、3は Si_3N_4 、 SiO_2 または Al_2O_3 などからなるゲート絶縁膜、4はa-Siまたはpoly-Siなどからなるチャネル、5はPまたはBなどの不純物が注入されたa-Siまたはpoly-Siなどからなるソースドレイン、6はA1、Cr、Ta、MoまたはWなどからなるソースドレイン電極、7は Si_3N_4 または SiO_2 などからなる保護膜である。この構造は、チャネルエッチ型ボトムゲート構造といわれている。

【0005】TFTは図8に示したようなボトムゲート構造が一般的であり、ゲート絶縁膜およびチャネルなどをゲート配線上に形成する必要がある。ゲート配線上に形成する膜の被覆性、ゲート絶縁膜の耐圧およびTFT特性などを考慮したばあい、少なくとも 60° 以下、好ましくは 40° 以下の小さいテーパ角 θ が望ましいことが多くの実験から明らかになった。しかし、LSI技術

で使用されているA1ドライエッチング技術は $1\mu\text{m}$ 以下の微細化が主目的であるため、テーパ化とは逆の垂直化を目指したものとなっており、通常、テーパ角 θ は $70\sim 90^\circ$ である。

【0006】A1テーパドライエッチング技術としては、たとえば、特開昭64-15933号公報に、垂直エッチングおよびテーパ化のためのオーバーエッチングの2つのエッチング工程を用いる方法が記載されている。しかし、オーバーエッチングを行なうことで、露出した SiO_2 または Si_3N_4 などからなる下地（基板）までもがエッチングされるという問題があった。

【0007】また、テーパドライエッチング方法としては、たとえば、エッチングされる加工膜の側壁面に積極的に堆積物（デポ）を形成して横方向のエッチングを制御する側壁形成法があり、レジストに酸素などを添加することでレジストマスクのエッチングを促進するレジスト後退法がある。

【0008】しかし、前記側壁形成法には堆積物でテーパ部表面が荒れやすく、発塵が多くなるという欠点があるため好ましくない。また、前記の従来のレジスト後退法ではA1エッチングの際にレジスト中の酸素が発塵の原因となるという欠点があり、改良の余地があった。

【0009】さらに等方エッチング法では、エッチング残渣が出やすいという問題があった。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、前記問題点に鑑み、液晶ディスプレイのA1ゲート配線のA1テーパ角を小さくすることのできる、レジスト後退法にもとづくA1テーパドライエッチング技術を提供することにある。また、本発明の目的は、下地のエッチング問題などがほとんどなく、できるだけ簡単なドライエッチング工程でA1テーパ化を実現できる条件を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】小さいA1テーパ角をうるためのA1テーパドライエッチング方法として、レジスト後退法にもとづくことが有効であることがわかった。

【0012】本発明のレジスト後退法は、レジストに酸素添加を行わずに小さいレジストテーパ角を形成して、異方性ドライエッチングで小さいA1テーパ角をうることを特徴とする。

【0013】本発明にかかわるA1テーパドライエッチング方法は以下のものである。

【0014】所望する小さいA1テーパ角に対応した小さいレジストテーパ角を有するレジストパターンを形成する工程およびイオン性異方性ドライエッチング工程からなる、小さいA1テーパ角をうるための、レジスト後退法にもとづくA1テーパドライエッチング方法。

【0015】レジストパターン形成工程において、レジ

スト現像後にレジストプリベーク温度以上でポストベークするとよい。

【0016】レジストパターン形成工程におけるレジスト塗布膜厚は $1.5\mu\text{m}$ 以下であるのがよい。

【0017】レジストパターン形成工程において、露光時の焦点位置が、露光機の線幅に対する焦点範囲からはずれたものであるのが好ましい。

【0018】レジストパターン形成工程において、露光時の露光量が最適露光量より多いオーバー露光であることが好ましい。

【0019】レジストパターン形成工程における、露光機の解像度は、形成するレジストパターン線幅よりも大きいものであるのがよい。

【0020】レジストパターン形成工程において、レジスト感度曲線における γ 値は1.5以下であるとよい。

【0021】ドライエッチングとしては、基板側に高周波電力を印加する平行平板RIE方式のイオン性エッチングまたは基板側に高周波電力を印加するその他のプラズマエッチングが考えられる。

【0022】ドライエッチング工程におけるガス圧力は、 30mTorr 以下であるのがよい。

【0023】ドライエッチング工程におけるガスの主反応ガスが BCl_3 であり、 BCl_3 濃度が $80\sim 100\%$ であるのがよい。

【0024】ドライエッチング工程におけるA1とレジストとのエッチングレートの比が1.0以下で、レジストのエッチングレートが速いほうがよい。

【0025】ドライエッチング工程におけるガスには、フッ素系ガスが添加されるのが好ましい。

【0026】

【発明の実施の形態】本発明は、小さいレジストテーパ角を有するレジストパターンを形成する工程および異方性ドライエッチングを行なう工程からなり、小さいA1テーパ角をうるための、レジスト後退法にもとづくA1テーパドライエッチング方法に関する。

【0027】本発明において、A1テーパ角とは図1に示すように、A1ゲート配線のテーパ部（傾斜部）と基板面がなす角 θ_1 をいい、レジストテーパ角とはレジストのテーパ部とA1加工膜の上面がなす角 θ_2 をいう（ただし、1は基板、8はA1、9はレジストである）。

【0028】レジストテーパ角を小さくする方法としてはつぎのような種々の方法がある。

【0029】（1）レジスト形成時
アスペクト比（レジストの膜厚／レジストの線幅）を小さくする方法。これはポストベーク時にレジストが体積収縮する際、レジストが横方向に引っ張られやすいという理由によりレジストテーパ角を小さくすることができる。

【0030】（2）露光時

(a) 焦点位置をレジストの線幅に対する焦点範囲からはずれたものとする方法。ここで、焦点範囲とは、ほぼ垂直なレジストパターンを形成できる範囲をいい、この範囲からはずれると、レジストは必然的にテーパ化されることになる。

【0031】(b) 露光量が最適露光量より多いオーバー露光とする方法。これは、光回折により、本来露光されない部分のレジストが一部露光されて、現像液に溶解するという理由によりレジストテーパ角を小さくすることができる。なお、最適露光量とは、レチクル（マスク）寸法とレジスト寸法が一致するばあいの露光量のことをいう。

【0032】(c) 露光機の解像度をレジストパターンの線幅よりも低くする方法。解像度を垂直なレジストパターンを形成できる解像度よりも低くする（解像できる線幅よりもレジストパターンの線幅を小さくする）と、形成されるレジストにテーパが生ずる。

【0033】(3) 現像時
レジストの溶解度を大きくする方法。このばあい現像液の温度、濃度などを調節することにより達成できる。

【0034】(4) ポストベーク時
露光前のレジスト乾燥（溶剤揮発）工程におけるプリベーク温度以上の温度でポストベークを行なうことにより、レジストの体積収縮を起こさせる方法。これは、プリベーク時に充分揮発できなかったレジスト中の揮発成分を除去することによりレジストの体積を収縮させ、その結果レジストテーパ角を小さくすることができるものである。とくに、レジストの軟化点以上の温度でポストベークを行なうと、レジスト自体を軟化させて流動させることによりレジストテーパ角を小さくすることができるので有利である。

【0035】前記方法はそれぞれ単独で、または適宜組み合わせ用いてもよい。

【0036】また、前記方法を行なう条件については以下の実施例において述べるが、とくに、本発明において所望する小さいA1テーパ角をうるためには、 60° 以下のA1テーパ角に対して 80° 以下のレジストテーパ角、ボトムゲート構造のTFT特性、ゲート配線上に形成する膜の被覆性およびゲート絶縁膜の耐圧を向上させるという理由から 40° 以下のA1テーパ角に対して 70° 以下のレジストテーパ角であるのが好ましい。

【0037】なお、本発明においてレジスト後退法を行なうためには、小さいA1テーパ角ほどエッチング前に、それに対応した小さいレジストテーパ角を形成する必要がある。

【0038】テーパ角の小さいレジストパターンに対して異方性エッチングを行なうと、レジスト自体もエッチングされるために、該レジストの下層に存在するA1層も該レジストのテーパ角に対応したテーパ角を有することになる。すなわち、加工膜であるA1にレジストテー

パ角に対応した角度を転写することができるのである。

【0039】なお、等方性エッチングを行なうと、レジストの形状およびテーパ角などに関係なくA1がエッチングされるため、小さいA1テーパ角を実現することは困難である。

【0040】異方性ドライエッチングとしては、プラズマ化されたイオンを用いる異方性ドライエッチングが好ましく、さらにイオンを基板側へ入射するという点から基板に高周波電力を印加して行なう平行平板RIE方式のイオン性異方性エッチングが好ましい。たとえば、ECR、ヘリカル、ヘリコン、ICPまたはSWP方式などの当業者に公知の高密度プラズマ方式異方性ドライエッチングを行なってもよい。

【0041】本発明による小さいA1テーパ角をうるためのイオン性異方性ドライエッチングの方法には、つぎのようなものがある。

【0042】(1) エッチング時のガス圧を低くする方法。これは、ガス圧が低いほどイオン同士の衝突確率が低くなり、イオンの平均自由行程が長くなってエッチングの異方性が増すという理由により、A1テーパ角を小さくすることができるものである。

【0043】(2) エッチング時のガス組成を BCl_3 および C_2I_2 を含むものにする方法。これは、A1をエッチングすることができる C_2I_2 系ガスとしてLSI技術において実績があるという理由による。このばあい、異方性ドライエッチングを強めるという理由から、 BCl_3 の濃度が $80\sim 100\%$ であるのが好ましい。

【0044】(3) A1エッチングレート／レジストエッチングレートの比（A1／レジスト選択比）を小さくする方法。図1において、 θ_1 をA1テーパ角、 θ_2 をエッチング前のレジストテーパ角、MをA1のエッチングレートおよびRをレジストのエッチングレートとしたばあい、 M/R がA1／レジスト選択比であり、 $\tan \theta_1 = M/R \times \tan \theta_2$ という関係式が成り立つ。したがって、A1テーパ角が前記の比に比例するという理由により、A1テーパ角を小さくすることができるのである。

【0045】前記方法は、それぞれ単独で、または適宜組み合わせ用いてもよい。

【0046】なお、前記方法を行なう条件については、以下の実施例において述べる。

【0047】

【実施例】

【実施例1】本発明を以下の実施例により説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0048】本発明は、所望のA1テーパ角に対応した小さいレジストテーパ角を有するレジストパターン（マスク）を形成する工程条件と、イオン性の異方性ドライエッチングを行なう工程条件の2条件を与えることが必要である。はじめに、レジストパターン形成条件につい

て述べる。

【0049】図2は本発明にかかわるレジストテーパ角のポストベーク温度依存性を示した図である。図より、現像後にポストベークを行なうことにより、ポストベーク温度が高いほどレジストテーパ角が小さくなることがわかる。これは、プリベーク温度以上の温度でポストベークすることで、プリベークでは揮発できなかったレジスト中に残留する有機溶媒が揮発してレジストが体積収縮を起こし、さらにレジスト軟化点以上の高温ではレジスト自体が軟化してだれる（流動する）ことでレジストのテーパ化（球状化と呼ばれるばあいもある）がなされているものである。ポストベークの温度はレジストパターンの精度が劣らない程度にレジストのテーパ角を小さくできる温度であればよく、レジストの軟化点（たとえば $140\sim 150^{\circ}\text{C}$ ）に依存するが、レジスト軟化点以上の温度がレジストのテーパ化に有利である。

【0050】つぎに、この小さいテーパ角のレジストパターンを使用してA1をイオン性異方性ドライエッチング工程を行なうことで小さいA1テーパ角がえられる。

【0051】レジストおよびA1の膜厚をそれぞれ $1.5\mu\text{m}$ および $0.25\mu\text{m}$ とし、レジストの線幅が 5 、 10 および $50\mu\text{m}$ （それぞれ実験番号1-1、1-2および1-3）のものについて実験した。

【0052】このときのドライエッチング条件は、平行平板式のRIE装置で、ガス圧 30mTorr 、ガス組成 $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2=40/10\text{ sccm}$ 、電力密度 $1.4\text{W}/\text{cm}^2$ である。図2に示すように、それぞれ実験番号1-1～3におけるポストベーク温度 180°C のレジストパターンを用いたばあい、線幅 5 、 10 または $50\mu\text{m}$ のA1膜のA1テーパ角として $30\sim 60^{\circ}$ がえられた（実験番号1-4～6）。

【0053】図2より気づく点として、線幅によってポストベーク後のレジストテーパ角に大きな差があり、線幅が広い方が小さいレジストテーパ角がえられていることから好ましくは $10\mu\text{m}$ 以上であるのがよい。この理由としては、レジスト膜厚と線幅のアスペクト比が小さい方が、レジスト体積収縮時にパターン端が横方向に引っ張られ易く、テーパ化され易いからである。

【0054】また、ポストベーク時の体積収縮でレジスト膜厚と線幅のアスペクト比がレジストテーパ角に関係するのであれば、レジストテーパ角はポストベーク温度以外にレジスト膜厚にも関係すると考えられる。アスペクト比が小さい方がテーパ化され易いとすれば、同じ線幅であれば、レジスト膜厚が薄い方が小さいテーパ角になる。

【0055】図3は本発明にかかわるポストベーク後のA1テーパ角のレジスト塗布膜厚依存性を示したグラフである。なるべく小さいレジストテーパ角をうるため、ポストベーク温度は 180°C のものを示す。A1膜厚を $0.25\mu\text{m}$ とし、レジストの線幅を 5 、 10 または 5

$0\mu\text{m}$ とした（実験番号1-7～9）。どのレジスト塗布膜厚および線幅でも 60° 以下のテーパ角がえられている。前記のように、レジスト膜厚が薄い方が小さいレジストテーパ角がえられた。とくに、レジスト塗布膜厚を $1.5\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.5\sim 1.0\mu\text{m}$ にした方がA1テーパ化により効果的である。

【0056】なお、現像後のレジストのポストベークによって、体積収縮を利用したレジストテーパ化を促進する方法では、前記理由により線幅依存性が高い。また、小さい線幅ではテーパ化されにくい。したがって、ポストベークによらずに現像直後にレジストテーパ化を行なう方法が好ましい。

【0057】小さいレジストテーパ角をうるその他の方法としては、以下のものが考えられる。露光時の焦点位置が、露光機のその線幅に対する焦点範囲からはずれたものにすれば、焦点がぼけて垂直のパターンが形成できないことになるので、結果として現像直後でもレジストのテーパ化がなされる。なお、焦点深度は波長／（レンズ開口率）²に比例する。

【0058】また、露光時の露光量が最適露光量より数十～数百%多いオーバー露光であっても、光回折により本来は露光されない部分も多少露光されて現像液に溶解するので、現像直後でもレジストのテーパ化がなされる。なお、オーバー露光はレジストパターンの線幅が細くなるので、この細り分を見込んだマスク（レチクル）を設計する必要がある。

【0059】また、レジストパターンの線幅が露光機の解像度より狭いばあいには、垂直のパターンが形成できないことになるので、現像直後でもレジストのテーパ化がなされる。なお、通常、解像度とはほぼ垂直なパターンが形成できる最小線幅と定義されるので、ゲート配線のような孤立パターンでは解像度以下の線幅が形成できないわけではない。線幅が決まっているばあい、露光機の解像度を落とすには、解像度は波長／レンズ開口率NAに比例するので、レンズ開口率NAをたとえば 0.1 程度とする（NAは本来は大きい方がよいので、必要最小限にとどめる）。または、露光波長を液晶ディスプレイ製造で使用されている光源のHgランプのgおよびh線より長波長化するとよい。

【0060】図4は露光量とレジスト残膜率との関係（レジスト感度曲線）を概念的に示すグラフである。縦軸のレジスト残膜率とは現像後のレジスト厚／現像前のレジスト厚のことをいう。レジスト感度曲線と横軸の露光量（対数軸）とがなす接線角度 θ の $\tan\theta$ 値を γ 値という。現在、一般的に液晶ディスプレイで使用されているレジスト（たとえばTFR-B（東京応化工業（株）製））の γ 値は 1.8 程度である。この値が大きいほど垂直なレジストパターン形成が容易となる。従来、LSIのように微細化が目的のばあいは、パターン垂直化のために γ 値が 2 以上になるようにレジスト材料

開発およびプロセス開発がなされている。理想的な（垂直な）レジスト感度曲線を図4にAとして示す。本発明はA1テーパ角 θ_1 を曲線B、曲線Cと小さくする方法である。テーパ化が目的のばあい、 γ 値が1.5以下、好ましくは0.5～1.5になるようにレジスト材料の感光基やベース樹脂、プリベーク温度（たとえば70～130℃）、プリベーク時間（たとえば30秒～1時間）、現像液、現像温度および現像時間などの条件を選択すればテーパ化が容易になる。たとえば、レジスト感度のわるいものを使用する、レジストプリベーク温度を最適温度から低くもしくは高くする、プリベーク時間を長くするなどしてレジスト感光基を分解してレジスト感度を低下させる、現像液の濃度を濃く、現像液の温度を通常温度（たとえば23℃）から高くもしくは低くしてレジストの未感光部の溶解度を大きくする、および／またはオーバー現像してテーパ化を促進するなどの工夫を、適宜組み合わせることも可能である。

【0061】なお、前記方法は、従来のエッチング工程における最適使用条件ではないため、パターン精度および再現性などを低下させることになり易いので注意が必要である。しかし、液晶ディスプレイのゲート配線のばあいは、通常は線幅が5 μ m以上と広いためにLSIなどのような精度の必要はなく、また、ゲート配線は孤立パターンとして扱える画素設計のばあいが多いので前記方法を行なうことができるのである。

【0062】【実施例2】つぎに、イオン性の異方性ドライエッチングにより、A1テーパ化を促進させる条件について述べる。異方性エッチングを実現するには、エッチング時のガス圧力が最も重要である。ガス圧力が低いほどイオン同士の衝突確率が低く平均自由行程が長くなるため、異方性エッチングが実現され易い。

【0063】図5はA1テーパ角のエッチング時のガス圧力依存性を示す図である。5、10および50 μ mの線幅のレジストについて（実験番号2-1～3）、ガス圧を15、30および60mTorrにして実験を行なった。レジストのポストベーク温度は180℃、レジスト膜厚は1.5 μ m、ガス組成はBCl₃/C₂H₂=40/10sccm、電力密度は1.4W/cm²である。

【0064】図より、ガス圧力が小さいほどテーパ化し易く、とくにどの線幅でもテーパ角を60°以下にするには30mTorr以下（好ましくは15mTorr以下）がよいことがわかる。なお、ガス圧力が60mTorrと高いばあい、エッチングはイオン性の異方性エッチングからラジカル性の等方性エッチングになるため、A1SiCuなどのようなA1合金膜では粒界でテーパ部の形状が荒れたり、基板にCuなどの蒸気圧の低い添加物のエッチング残渣が残るという傾向にあった。

【0065】【実施例3】また、異方性ドライエッチングを促進するにはガス組成も非常に重要である。

【0066】図6はA1テーパ角のエッチング時のガス

組成依存性を示す図である。エッチング時のガス圧力は30mTorrで、ガス組成以外の他の条件は実施例2と同じである（レジスト線幅が5、10および50 μ mのものに対する実験をそれぞれ実験番号3-1、2および3とする）。ガス組成はA1をエッチングできる塩素系ガスという理由からBCl₃およびC₂H₂が一般的である。このばあい、BCl₃濃度が高い方がドライエッチングに堆積性（デポ性）が多少加わり、エッチングされたA1側壁面を保護して横方向のエッチングを防ぐ効果を奏し、異方性エッチングが強くなる。他方、BCl₃濃度が低いとエッチングされたA1側壁面に堆積性がなく、C₂H₂に触れるだけでも横方向のエッチングが進行するので等方性エッチングになり易い。また、粒界でテーパ部の形状が荒れる問題も生じ易くなる。本実施例ではBCl₃濃度60%のばあいのA1テーパ角は図では小さく見えるが、実際はテーパ部の形状が荒れて凹凸がひどく（テーパ角が一様でない）、パターンの直線性がないために使用できないものであった。したがって、BCl₃濃度は80～100%が好ましい。

【0067】また、A1の異方性エッチングを促進する堆積性（デポ性）を有するガスとして、BCl₃以外にSiCl₄でも同様の効果が期待できる。

【0068】【実施例4】本発明の基本的な考え方はレジスト後退法にもとづくものである。したがって、マスクであるレジストはA1エッチング中に同時にエッチングされる。

【0069】図7は異方性エッチング時のレジストエッチングレートとA1エッチングレートの比（A1/レジスト選択比）から計算したA1テーパ角のエッチング前のレジストテーパ角依存性を示す図である。A1/レジスト選択比が0.2、0.5、0.8、1.0、1.5および2.0のものをそれぞれ4-1～6とする。エッチング時のA1/レジスト選択比が1のときは、A1テーパ角とエッチング前のレジストテーパ角とが同じになるが、A1/レジスト選択比が1以下では、A1テーパ化が促進される。逆にA1/レジスト選択比が1以上ではA1垂直化が促進される。したがって、A1/レジスト選択比が1以下になるように、レジストのエッチングレートを促進するエッチング条件がA1テーパ化に対して好ましい。

【0070】レジストエッチングを促進する方法として、エッチングガス中にレジストをエッチングするがA1はエッチングしないO₂、CF₄、SF₆などのガスを添加することが考えられる。

【0071】A1テーパ角のエッチングガスにCF₄を添加したばあいの効果を確認した。ポストベーク温度を180℃とし、レジスト膜厚1.5 μ m、線幅5、10および50 μ mのものについて実験した（実験番号4-7～9）。ここではCF₄をBCl₃およびC₂H₂の反応ガスの全流量に対し約30%添加した。結果を表1に示

す。

【0072】

【表1】

表 1

| レジスト線幅 (μm) | CF_4 を添加したばあいの Alテーパ角 (度) | CF_4 を添加しないばあいの Alテーパ角 (度) |
|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| 5 | 53 | 60 |
| 10 | 45 | 56 |
| 15 | 29 | 30 |

【0073】レジストエッチングレートを促進することにより、Alテーパ化がどの線幅でも促進されていることがわかる。一般的なレジスト後退法ではレジストのエッチングレートを促進するために O_2 を添加するが、Alエッチングにおいては、反応ガスの BCl_3 と O_2 が反応してBの酸化物を形成して装置内発塵の原因となり、素子欠陥が増えるため使用できない。したがって、レジストエッチングレートを促進する同様の効果が期待できる CF_4 または SF_6 などの含フッ素のガスを添加することが有効である。

【0074】なお、この実施例のAlテーパドライエッチング法により、Alテーパ角として約 20° という非常に小さいテーパ角のAlSiCu合金ゲートがえられていた。

【0075】

【発明の効果】本発明によれば、レジストテーパ角を小さくする条件、イオン性異方性エッチングの条件およびテーパ化促進条件を与えることにより、小さなテーパ角のレジストパターンがAlに転写され、 60° 以下のAlのテーパ角をうることができる。したがって、Alゲート配線上に形成する膜の被覆性、ゲート絶縁膜の耐圧およびTF T特性の改善に寄与するという効果を奏す

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 Alテーパ角およびレジストテーパ角の説明図である。

【図2】 本発明の実施例1によるレジストテーパ角のポストバーク温度依存性を示す図である。

【図3】 本発明の実施例1によるAlテーパ角のレジスト塗布膜厚依存性を示す図である。

【図4】 本発明の実施例1のレジスト感度曲線を示す図である。

【図5】 本発明の実施例2によるAlテーパ角のエッチング時のガス圧力依存性を示す図である。

【図6】 本発明の実施例3によるAlテーパ角のエッチング時のガス組成依存性を示す図である。

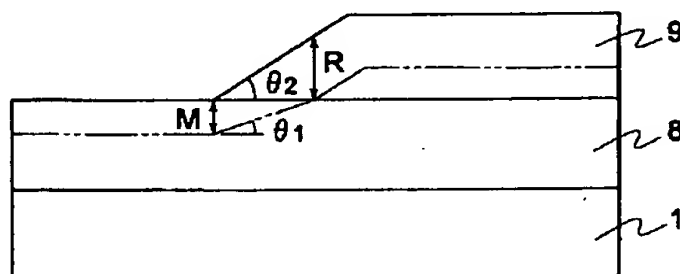
【図7】 本発明の実施例4のAlテーパ角のレジストテーパ角依存性を示す図である。

【図8】 液晶ディスプレイのTF T構造を示す断面図である。

【符号の説明】

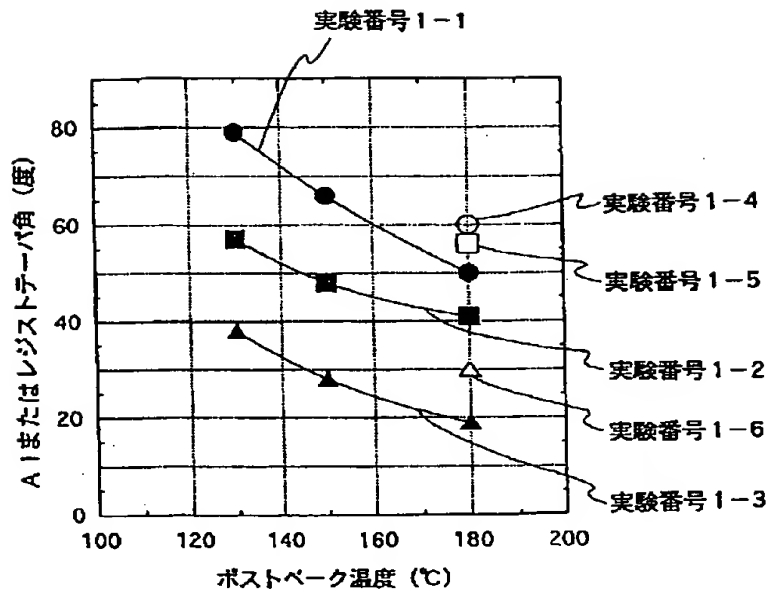
1 基板、2 ゲート配線、3 ゲート絶縁膜、4 チャネル、5 ソースドレイン、6 ソースドレイン電極、7 保護膜、8 Al、9 レジスト。

【図1】

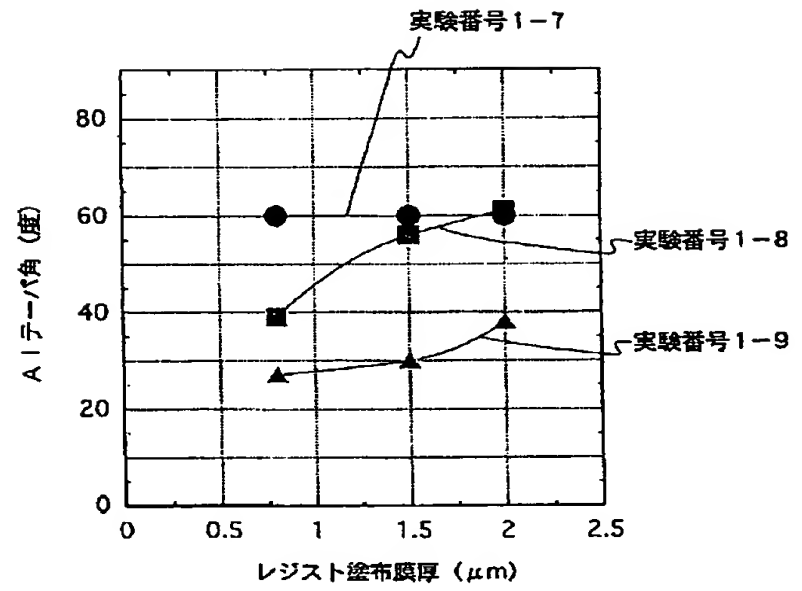


- 1 基板
- 8 Al
- 9 レジスト

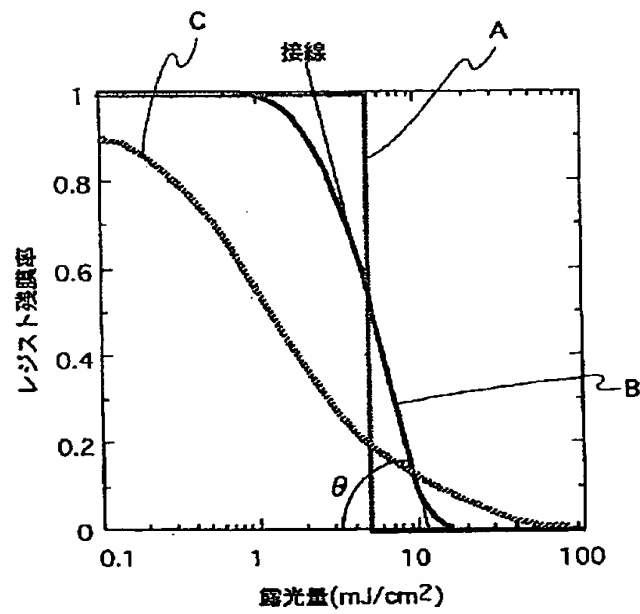
【図 2】



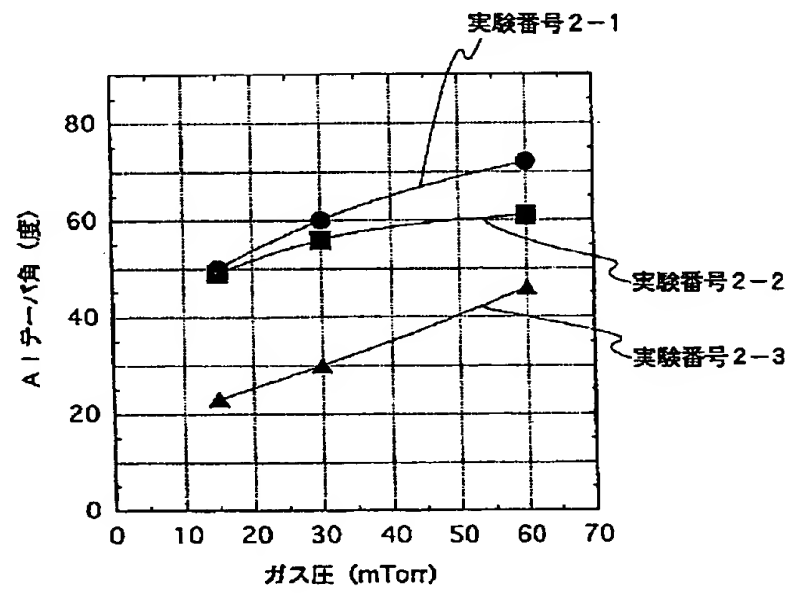
【図 3】



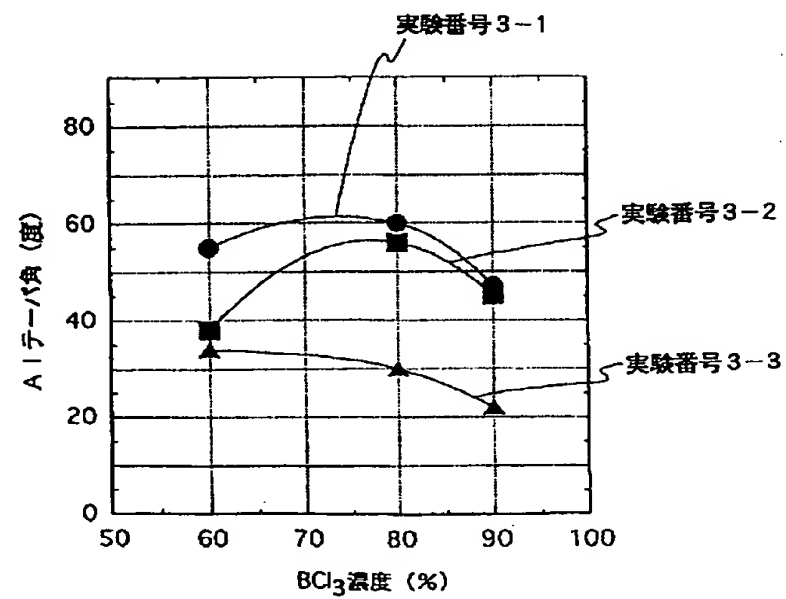
【図 4】



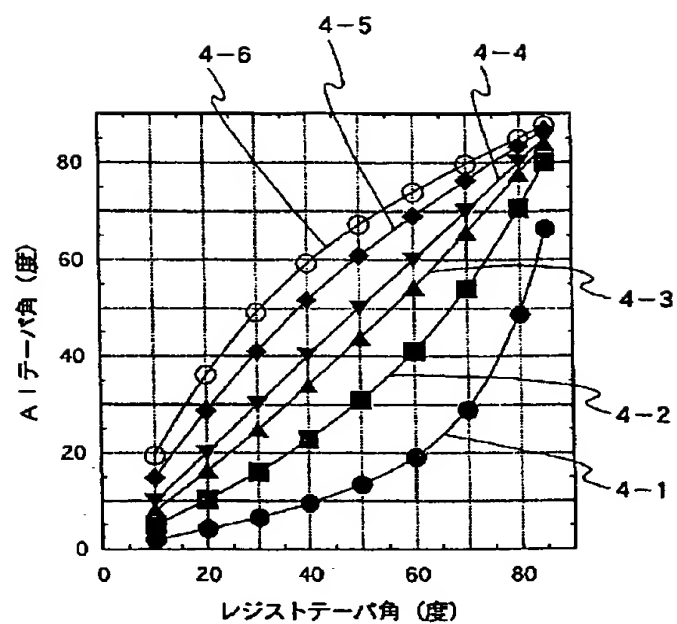
【図 5】



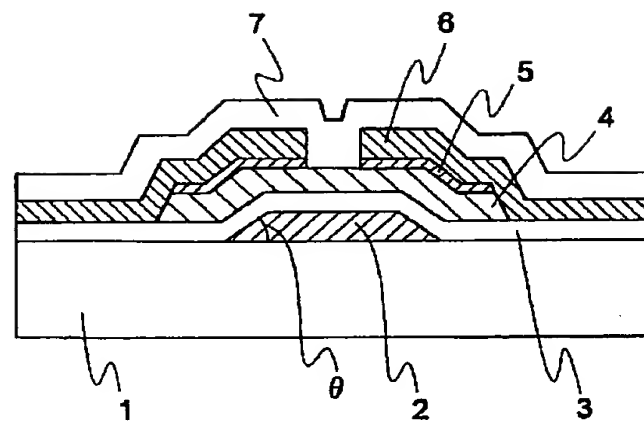
【図 6】



【図 7】



【図 8】



- | | |
|-----------|-------------|
| 1 基板 | 2 ゲート配線 |
| 3 ゲート絶縁膜 | 4 チャンネル |
| 5 ソースドレイン | 6 ソースドレイン電極 |
| 7 保護膜 | θ テーパ角 |

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶
H 0 1 L 21/3065

識別記号 庁内整理番号

F I
H 0 1 L 21/302

技術表示箇所
G

(19) Japan Patent Office (JP) (12) Laid-Open Disclosure Public Patent Bulletin (A)

(11) Patent Application Laid-Open Disclosure Number

Japanese Patent Laid-Open No. H9-279367

(43) Date of Publication: 28 October, 1997

| (51) Int. Cl. ⁶ | I.D. No. | JPO File No. | FI | Tech. Indic. |
|----------------------------|----------|--------------|-------------|--------------|
| C23F 1/00 | 102 | | C23F 1/00 | 102 |
| 4/00 | | | 4/00 | C |
| | | | | E |
| G02F 1/1343 | | | G02F 1/1343 | |
| G03F 7/40 | 521 | | G03F 7/40 | 521 |

Request for Examination: Not yet made. No. of Claims: 14 OL (9 pgs. in total)

Continued on back page

(21) Application Number: Japanese Patent Application No. H8-95094

(22) Date of Application: 17 April, 1996

(71) Applicant: 000006013

Mitsubishi Electric Corporation
2-2-3, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo

(72) Inventor: OODOI, Yuuzou

c/o Mitsubishi Electric Corporation
2-2-3, Marunouchi, Chiyoda-ku, Tokyo

(74) Agent: ASAHINA, Sohta, Patent Attorney (and two others)

(54) [Title of the Invention] Al Taper Dry Etching Method

(57) [Abstract]

[Problem] To provide an Al taper dry etching method for Al used as a wiring material for thin film devices such as liquid crystal displays.

[Means for solving the problem] An Al taper dry etching method based on a resist recession method, for obtaining a small Al taper angle; including the steps of forming a resist pattern, having a small resist taper angle which corresponds to a desired small Al taper angle, on Al or an Al alloy

film, and anisotropically dry etching the Al or the Al alloy film having the resist pattern.

[Scope of Claims]

[Claim 1] An Al taper dry etching method based on a resist recession method for obtaining a small Al taper angle, comprising the steps of:

forming a resist pattern, having a small resist taper angle which corresponds to a desired small Al taper angle, on Al or an Al alloy film, and

anisotropically dry-etching the Al or the Al alloy film having the resist pattern.

[Claim 2] The method according to Claim 1, wherein the Al taper angle is less than or equal to 60°.

[Claim 3] The method according to Claim 1, wherein the resist taper angle is less than or equal to 80°.

[Claim 4] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein in the step of forming the resist pattern, subsequent to developing a resist, post-baking is performed at a temperature greater than or equal to the temperature of a resist pre-baking.

[Claim 5] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein in the step of forming the resist pattern, the film thickness of the applied resist is less than or equal to 1.5 μm after drying.

[Claim 6] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein in the step of forming the resist pattern, a focal position at the time of exposure is out of a focal range of an exposure unit with respect to a line width of the resist pattern.

[Claim 7] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein in the step of forming the resist pattern, an amount of exposure at the time of exposure is over-exposure, which is more than an ideal amount of exposure.

[Claim 8] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein in the step of forming the resist pattern, the resolution of an exposure unit is lower than a line width of the resist pattern which is formed.

[Claim 9] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein in the step of forming the resist pattern, a γ value for a resist sensitivity curve is less than or equal to 1.5.

[Claim 10] The Al taper dry etching method according to Claim 1, wherein the dry etching

step is performed using a parallel-plate RIE method ionic etching in which high-frequency power is applied to a substrate side, or plasma etching in which high-frequency power is applied to a substrate side.

[Claim 11] The Al taper dry etching method according to Claim 10, wherein in the dry etching step, a gas pressure at the time of etching is less than or equal to 30 mTorr.

[Claim 12] The Al taper dry etching method according to Claim 10, wherein in the dry etching step, the BCl_3 concentration of an etching gas is 80 to 100%.

[Claim 13] The Al taper dry etching method according to Claim 10, wherein in the dry etching step, at the time of etching, the ratio of the Al etching rate and the resist etching rate is less than or equal to 1.0.

[Claim 14] The Al taper dry etching method according to Claim 10, wherein in the dry etching step, a gas which contains a fluorine compound is added to an etching gas.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to a processing method for aluminum (Al) or an aluminum alloy (hereinafter both referred to as 'Al') which is used as a wiring material for thin film elements such as LSIs and liquid crystal displays. In particular, the present invention relates to a taper dry etching method for Al gate wirings and other Al wirings for active matrix liquid crystal displays typified by thin film transistors (TFTs).

[0002]

[Conventional Art] Conventionally, the minimum line width of patterns for liquid crystal displays has been wide, generally 2 to 10 μm or more, unlike that of LSIs, which is 1 μm or less. For gate wirings, Cr, Ta, Mo, W, or alloys of these are generally used, because they are easy to process, have resistance to chemicals, and so on. However, with the enlargement of screens, increase in definition, and so on, signal delay caused by the increase in electrical resistance of gate wirings has become a problem. Further, Al gate electrodes with low electrical resistance have become desired in order to decrease gate line width and increase aperture ratio of panels as much as possible.

[0003] Further, aluminum can be processed using nitric acid, phosphoric acid, or acetic acid-based

wet etching, or using dry etching which employs a Cl-based gas. Currently, in the case where Al is used for a liquid crystal display, wet etching is mainly used. However, from the point of view of miniaturizing wirings, ensuring reproducibility, cutting down on waste, and reducing cost, it is thought that Al processing will move from wet etching to dry etching, as with LSIs.

[0004] FIG. 8 is a cross-sectional view of a TFT of a liquid crystal display described on pages 88 to 99 of 'Flat Panel Displays '91' (published by Nikkei BP, Inc.). In the figure, reference numeral 1 denotes a substrate formed of glass, quartz, or the like; reference numeral 2 denotes a gate wiring formed of Al, Cr, Ta, Mo, W, or the like; reference numeral 3 denotes a gate insulating film formed of Si_3N_4 , SiO_2 , Al_2O_3 , or the like; reference numeral 4 denotes a channel formed of a-Si, poly-Si, or the like; reference numeral 5 denotes a source/drain formed of a-Si, poly-Si, or the like which has been injected with an impurity such as P or B; reference numeral 6 denotes a source/drain electrode formed of Al, Cr, Ta, Mo, W, or the like; and reference numeral 7 denotes a protective film formed of Si_3N_4 , SiO_2 , or the like. This structure is referred to as a channel etch type bottom gate structure.

[0005] The TFT generally has a bottom gate structure such as that shown in FIG. 8, and it is necessary for the gate insulating film, the channel, and the like to be formed over the gate wiring. Many experiments have made it clear that taking into consideration coverage by films formed over the gate wiring, withstand voltage of the gate insulating film, TFT characteristics, and the like, a small taper angle θ of not more than 60° , preferably not more than 40° , is desirable. However, in Al dry etching techniques used in LSI technology, since the primary objective is miniaturization to $1\text{ }\mu\text{m}$ or less, 'tapering' aims for the opposite – verticalization; and generally, the taper angle θ is 70° to 90° .

[0006] As an Al taper dry etching technique, for example, in Japanese Patent Laid-open No. S64-15933, a method which employs two etching steps, vertical etching and over-etching for tapering, is described. However, there is a problem in that when over-etching is performed, an exposed base (substrate) formed of SiO_2 , Si_3N_4 , or the like is also etched.

[0007] Further, as a taper dry etching method, for example, there is a sidewall formation method in which deposition material (a deposit) is actively formed on a sidewall surface of a processing film which is etched, to control etching in a lateral direction, and there is a resist recession method

in which etching of a resist mask is promoted by adding oxygen or the like to the resist.

[0008] However, in the sidewall formation method, there are drawbacks in that a surface of a taper portion tends to become rough due to the deposition material, and a lot of dust is generated; therefore, it is not desirable. Further, there is room for improvement in the conventional resist recession method, which has a drawback in that during Al etching, oxygen in the resist causes generation of dust.

[0009] Furthermore, in an isotropic etching method, there is a problem in that etching residue tends to be generated.

[0010]

[Problems to be Solved by the Invention] In view of the foregoing problems, an object of the present invention is to provide an Al taper dry etching technique, which is based on a resist recession method, which can make an Al taper angle of an Al gate wiring of a liquid crystal display small. Further, an object of the invention is to provide conditions in which Al tapering can be realized with as simple a dry etching step as possible, with hardly any problems such as etching of a base.

[0011]

[Means for Solving the Problems] It was found that for an Al taper dry etching method for obtaining a small Al taper angle, it is effective to base the method on a resist recession method.

[0012] In a resist recession method of the invention, a small resist taper angle is formed without adding oxygen to the resist, and a small Al taper angle is obtained by anisotropic dry etching.

[0013] An Al taper dry etching method relating to the invention is as follows.

[0014] An Al taper dry etching method which is based on a resist recession method and which is for obtaining a small Al taper angle includes a step of forming a resist pattern having a small resist taper angle which corresponds to a desired small Al taper angle and a step of ionic anisotropic dry-etching.

[0015] In the step of forming the resist pattern, it is preferable that subsequent to developing a resist, post-baking is performed at a temperature greater than or equal to the temperature of a resist pre-baking.

[0016] A resist application film thickness in the step of forming the resist pattern is preferably less

than or equal to 1.5 μm .

[0017] In the step of forming the resist pattern, preferably a focal position at the time of exposure is out of a focal range of an exposure unit with respect to a line width.

[0018] In the step of forming the resist pattern, an amount of exposure at the time of exposure is preferably over-exposure, which is more than an ideal amount of exposure.

[0019] The resolution of an exposure unit in the step of forming the resist pattern is preferably greater than a line width of the resist pattern which is formed.

[0020] In the step of forming the resist pattern, preferably a γ value for a resist sensitivity curve is less than or equal to 1.5.

[0021] As dry etching, parallel-plate RIE method ionic etching in which high-frequency power is applied to a substrate side, or another plasma etching in which high-frequency power is applied to a substrate side may be used.

[0022] A gas pressure in the dry etching step is preferably less than or equal to 30 mTorr.

[0023] Preferably a main reaction gas of a gas in the dry etching step is BCl_3 and the BCl_3 concentration is 80 to 100%.

[0024] Preferably the ratio of the etching rates of Al and the resist in the dry etching step is less than or equal to 1.0 and the etching rate of the resist is fast.

[0025] Preferably a fluorine-based gas is added to the gas in the dry etching step.

[0026]

[Embodiment Mode of the Invention] The present invention relates to an Al taper dry etching method, based on resist recession method, which is for obtaining a small Al taper angle and which includes a step of forming a resist pattern having a small resist taper angle and a step of performing anisotropic dry etching.

[0027] In the invention, an Al taper angle refers to an angle θ_1 which is formed by a taper portion (an inclined portion) of an Al gate wiring and a substrate surface, and a resist taper angle refers to an angle θ_2 which is formed by a taper portion of a resist and an upper surface of an Al processing film, as shown in FIG. 1 (note that reference numeral 1 denotes a substrate, reference numeral 8 denotes Al, and reference numeral 9 denotes a resist).

[0028] As a method for making a resist taper angle small there are various methods, such as the

following.

[0029] (1) At the time of forming a resist

A method of making an aspect ratio (film thickness of resist / line width of resist) small. This method can make a resist taper angle small because when the volume of the resist contracts during post-baking, the resist is easily pulled in a lateral direction.

[0030] (2) At the time of exposure

(a) A method in which a focal position is out of a focal range with respect to a line width of a resist. Here, a focal range refers to a range with which an almost vertical resist pattern can be formed, and if this range is deviated from, the resist is necessarily tapered.

[0031] (b) A method in which an amount of exposure is over-exposure, which is more than an ideal amount of exposure. This method can make a resist taper angle small because due to optical diffraction, a portion of the resist which is not normally exposed is partially exposed, and is dissolved in a developing solution. Note that an ideal amount of exposure refers to the amount of exposure in a case where reticle (mask) dimensions and resist dimensions accord.

[0032] (c) A method in which the resolution of an exposure unit is lower than a line width of a resist pattern. If the resolution is made lower than the resolution at which a vertical resist pattern can be formed (a line width of the resist pattern is made smaller than a line width which can be resolved), the resist which is formed will be tapered.

[0033] (3) At the time of development

A method in which the solubility of the resist is increased. In this case, this can be achieved by adjusting the temperature, concentration, and the like of a developing solution.

[0034] (4) At the time of post-baking

A method in which the volume of the resist is made to contract by performing post-baking at a temperature which is greater than or equal to the temperature of a pre-baking in a step of drying the resist (solvent volatilization) before exposure. In this method, when volatile constituents in the resist which were unable to fully volatilize at the time of pre-baking are removed, the volume of the resist is made to contract, and as a result, the resist taper angle can be made small. In particular, it is advantageous to perform the post-baking at a temperature greater than or equal to the softening point of the resist, because then the resist itself is softened and made to flow, so the resist taper

angle can be made smaller.

[0035] The above methods may each be used separately or may be combined as appropriate.

[0036] Further, conditions for performing the above methods will be described in embodiments below. In the invention, in order to obtain a desired small Al taper angle, it is particularly preferable that a resist taper angle is less than or equal to 80° as opposed to an Al taper angle which is less than or equal to 60° ; and for the reason that it improves TFT characteristics of bottom gate structures, coverage by a film formed over a gate wiring, and withstand voltage of a gate insulating film, that a resist taper angle is less than or equal to 70° as opposed to an Al taper angle which is less than or equal to 40° .

[0037] Note that in the invention, in order to perform the resist recession method, the smaller the Al taper angle is to be, the smaller the resist taper angle which corresponds to that which is formed before etching is required to be.

[0038] When anisotropic etching is performed with respect to a resist pattern with a small taper angle, because the resist itself is also etched, an Al layer which is in a layer below the resist will also have a taper angle, which corresponds to the taper angle of the resist. That is, an angle which corresponds to the resist taper angle can be transferred to the Al which is the processing film.

[0039] Note that when isotropic etching is performed, the Al is etched regardless of the shape, the taper angle, and the like of the resist; therefore, it is difficult to realize a small Al taper angle.

[0040] As anisotropic dry etching, anisotropic dry etching which employs plasma ions is preferable, and in terms of ions being incident on a substrate side, a parallel-plate RIE method ionic anisotropic etching in which high-frequency power is applied to a substrate is even more preferable. For example, a high-density plasma method anisotropic dry etching which is well-known to those skilled in the art, such as an ECR method, a helical method, a helicon method, an ICP method, or an SWP method, may be performed.

[0041] As ionic anisotropic dry etching methods for obtaining a small Al taper angle according to the invention, there are methods such as the following.

[0042] (1) A method in which gas pressure at the time of etching is made low. This method can make an Al taper angle small because the lower the gas pressure is, the lower the probability that ions will collide with each other is and the longer the mean free path of the ions is, so the more

the anisotropy of the etching increases.

[0043] (2) A method in which gas composition at the time of etching includes BCl_3 and Cl_2 . This is because in LSI technology, such a gas composition has achieved good results as a Cl_2 -based gas which can etch Al. In this case, the concentration of the BCl_3 is preferably 80 to 100%, because this strengthens anisotropic dry etching.

[0044] (3) A method in which the [Al etching rate/resist etching rate] ratio (Al/resist selectivity) is made small. In FIG. 1, if θ_1 is the Al taper angle, θ_2 is the resist taper angle before etching, M is the etching rate of the Al, and R is the etching rate of the resist, then M/R is the Al/resist selectivity, and a relational expression $\tan\theta_1 = M/R \times \tan\theta_2$ holds true. Therefore, the Al taper angle can be made small, because the Al taper angle is in proportion to the above-mentioned ratio.

[0045] The above methods may each be used separately or may be combined as appropriate.

[0046] Note that conditions for performing the above methods are described in the following embodiments.

[0047]

[Embodiments]

[Embodiment 1] The present invention is described with reference to the following embodiments; however, the invention is not limited to only these embodiments.

[0048] In the invention, it is necessary to set two sets of conditions: processing conditions for forming a resist pattern (a mask) having a small resist taper angle which corresponds to a desired Al taper angle, and processing conditions for performing ionic anisotropic dry etching. First, resist pattern formation conditions will be described.

[0049] FIG. 2 is a graph which shows the post-baking temperature dependency of a resist taper angle which relates to the invention. From the graph, it can be seen that when post-baking is performed subsequent to development, the higher the post-baking temperature is, the smaller the resist taper angle becomes. This is because when post-baking is performed at a temperature greater than or equal to a pre-baking temperature, an organic solvent remaining in the resist which was unable to volatilize during pre-baking volatilizes, so the volume of the resist contracts. Further, at a high temperature greater than or equal to the softening point of the resist, the resist itself softens and weakens (flows). Therefore, the resist is tapered (sometimes referred to as

rounded). The temperature of the post-baking is a temperature at which the taper angle of the resist can be made small without the accuracy of the resist pattern deteriorating, and although it depends on the softening point of the resist (e.g., 140 to 150 °C), a temperature greater than or equal to the resist softening point is advantageous for tapering the resist.

[0050] Next, a small Al taper angle is obtained by a conducting a step in which ionic anisotropic dry etching of the Al is performed using the resist pattern with the small taper angle.

[0051] Film thicknesses of the resist and the Al were 1.5 μm and 0.25 μm , respectively, and experiments were conducted for resist line widths of 5, 10, and 50 μm (experiment numbers 1-1, 1-2, and 1-3, respectively).

[0052] Dry etching conditions at this time were: a parallel-plate RIE device was used; gas pressure was 30 mTorr; gas composition was $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2 = 40/10$ sccm; and power density was 1.4 W/cm^2 . As shown in FIG. 2, when resist patterns with a post-baking temperature of 180° were used in each of experiment numbers 1-1~3, angles of 30 to 60° were obtained as Al taper angles of Al films with line widths of 5, 10, and 50 μm (experiment numbers 1-4~6).

[0053] As can be noticed from FIG. 2, depending on the line width there is a large difference in resist taper angles after post-baking. The larger the line width, the smaller the resist taper angle that can be obtained. Therefore, the line width is preferably greater than or equal to 10 μm . The reason for this is that the smaller the aspect ratio of the resist film thickness and the line width is, the more easily a pattern end is pulled in a lateral direction when the volume of the resist contracts and the more easily the resist is tapered.

[0054] Further, in the volume contraction at the time of post-baking, if the aspect ratio of the resist film thickness and the line width is related to the resist taper angle, it can be considered that the resist taper angle is also related to the resist film thickness in respects other than the post-baking temperature. If tapering is easier when the aspect ratio is smaller, then given the same line width, the thinner the resist film thickness is, the smaller the taper angle will be.

[0055] FIG. 3 is a graph which relates to the invention which shows the resist application film thickness dependency of the Al taper angle after post-baking. In order to obtain as small a resist taper angle as possible, results for a post-baking temperature of 180° are shown. The Al film thickness was 0.25 μm and the resist line widths were 5, 10, and 50 μm (experiment numbers

1-7-9). A taper angle of less than or equal to 60° was obtained no matter what resist application film thickness or line width was used. As previously mentioned, the thinner the resist film thickness, the smaller the resist taper angle that was obtained. In particular, it is even more effective for Al tapering when the resist application film thickness is less than or equal to $1.5\ \mu\text{m}$; preferably, 0.5 to $1.0\ \mu\text{m}$.

[0056] Note that in the method where resist tapering employing volume contraction is promoted by post-baking the resist subsequent to development, line width dependency is large for the above-mentioned reason. Further, tapering is difficult when the line width is small. Accordingly, a method in which resist tapering is performed immediately after development without using post-baking is preferable.

[0057] As other methods for obtaining a small resist taper angle, the following methods can be considered. If a focal position at the time of exposure deviates from a focal range of an exposure unit with respect to that line width, defocusing occurs and a vertical pattern cannot be formed. Therefore, as a result, the resist is tapered even immediately after development. Note that the depth of focus is in proportion to $\text{wavelength}/(\text{lens aperture ratio})^2$.

[0058] Further, even if the amount of exposure at the time of exposure is overexposure which exceeds an ideal amount of exposure by several tens to several hundreds of per cent, due to optical diffraction, a part which is not normally exposed is also exposed to some degree, and is dissolved in a developing solution; therefore, even immediately after development, the resist is tapered. Note that with overexposure, line widths of the resist pattern become narrower. Therefore, it is necessary to design a mask (a reticle) which allows for this narrowing.

[0059] Further, in a case where a line width of the resist pattern is narrower than the resolution of an exposure unit, since a vertical pattern cannot be formed, the resist is tapered even immediately after development. Note that generally resolution is defined as the minimum line width for which an almost vertical pattern can be formed; therefore, it does not mean that in an isolated pattern such as a gate wiring, a line width less than the resolution cannot be formed. In a case where a line width is predetermined, to decrease the resolution of the exposure unit, since the resolution is in proportion to $[\text{wavelength}/\text{lens aperture ratio NA}]$, the lens aperture ratio NA is set at approximately 0.1, for example (normally a higher NA is preferable, so it is not set below the necessary minimum).

Further, it is preferable to make an exposure wavelength a long wavelength which is longer than g and h lines of an Hg lamp which is a light source used in the manufacture of liquid crystal displays.

[0060] FIG. 4 is a graph which conceptually shows the relationship between the amount of exposure and the rate of remaining film for the resist (a resist sensitivity curve). The rate of remaining film for the resist, indicated by the vertical axis, refers to [resist thickness after development/resist thickness before development]. A $\tan\theta$ value of a tangent angle θ which is formed by the resist sensitivity curve and the horizontal axis (a logarithmic axis) which indicates the amount of exposure is referred to as a γ value. Currently, the γ value of resists commonly used for liquid crystal displays (e.g., TFR-B (manufactured by Tokyo Ohka Kogyo Co., Ltd)) is approximately 1.8. The higher this value is, the easier it is to form vertical resist patterns. Conventionally, in cases where miniaturization is the aim, as in LSI, development of resist materials and process development have been conducted such that the γ value is greater than or equal to 2, for the purpose of pattern verticalization. An ideal (vertical) resist sensitivity curve is indicated by A in FIG. 4. The invention is a method of reducing the Al taper angle θ_1 to the curve B or the curve C. In cases where tapering is the aim, tapering becomes easy if conditions such as a photosensitive group and a base resin of the resist material, a pre-baking temperature, a pre-baking time, a developing solution, a developing temperature, and a developing time are selected such that the γ value is less than or equal to 1.5, preferably, 0.5 to 1.5 (e.g., a pre-baking temperature of 70 to 130 °C, and a pre-baking time of 30 seconds to one hour). For example, means such as using a substance with poor resist sensitivity; making the resist pre-baking temperature higher or lower than a suitable temperature; lowering the resist sensitivity by decomposing the photosensitive base of the resist by, for example, increasing the pre-baking time; increasing the concentration of the developing solution or making the temperature of the developing solution higher or lower than the usual temperature (which is for example, 23 °C), to increase the solubility of a portion of the resist which is not exposed; and/or overdeveloping to promote tapering, can also be combined as appropriate.

[0061] Note that the above methods are not ideal conditions for use in conventional etching processes; therefore, caution is necessary, as pattern accuracy, reproducibility, and the like tend to be reduced. However, in the case of a gate wiring of a liquid crystal display, usually the line width

is a large one of greater than or equal to 5 μm , so there is no need for accuracy such as that in LSI and the like; and further, the case of pixel design in which gate wirings can be handled as an isolated pattern often occurs; therefore, the above methods can be performed.

[0062] [Embodiment 2] Next, conditions for promoting Al tapering by ionic anisotropic dry etching will be described. In order to realize anisotropic etching, gas pressure during the etching is extremely important. The lower the gas pressure, the lower the probability that ions will collide with each other and the longer the mean free path of the ions; and thus, anisotropic etching is easily realized.

[0063] FIG. 5 is a graph showing the gas pressure dependency of the Al taper angle during etching. Experiments were conducted on resists with line widths of 5, 10, and 50 μm (experiment numbers 2-1-3) and gas pressures were 15, 30, and 60 mTorr. The post-baking temperature for the resist was 180 °C, resist film thickness was 1.5 μm , gas composition was $\text{BCl}_3/\text{Cl}_2 = 40/10$ sccm, and power density was 1.4 W/cm^2 .

[0064] It can be seen from the graph that the lower the gas pressure is, the easier tapering is; in particular, to make a taper less than or equal to 60° at any of the line widths, 30 mTorr or less (preferably, 15 mTorr or less) is preferable. Note that in the case of a high gas pressure of 60 mTorr, because etching changes from ionic anisotropic etching to radical isotropic etching, in the case of an Al alloy film such as AlSiCu or the like, the shape of a taper portion tends to become rough at a grain boundary, and etching residue of additives with low vapor pressure such as Cu tend to remain on the substrate.

[0065] [Embodiment 3] Further, gas composition is also very important in the promotion of anisotropic dry etching.

[0066] FIG. 6 is a graph showing the gas composition dependency of the Al taper angle during etching. Gas pressure during etching was 30 mTorr, and other conditions other than the gas composition were the same as those of Embodiment 2 (experiments for resist line widths of 5, 10, and 50 μm were given experiment numbers 3-1, 2, and 3, respectively). Concerning gas composition, BCl_3 and Cl_2 are common, because they are chlorine-based gases that can etch Al. In this case, when the BCl_3 concentration is high, a sedimentary property (a deposition property) is added to the dry etching to some degree, and an etched Al sidewall surface is protected, which has

an effect of preventing etching in a lateral direction, thus strengthening anisotropic etching. Meanwhile, when the BCl_3 concentration is low, there is no sedimentary property with respect to the etched Al sidewall surface, and lateral etching progresses just due to contact with Cl_2 ; therefore, etching tends to become isotropic etching. Further, a problem where the shape of the taper portion roughens at a grain boundary tends to occur. In this embodiment, the Al taper angle in the case where the BCl_3 concentration was 60% looks small in the graph; however, in actual fact, the shape of the taper portion was rough and very uneven (the taper angle was not uniform), and the pattern did not have linearity; therefore, it was unusable. Accordingly, preferably BCl_3 concentration is 80 to 100%.

[0067] Further, as a gas which has a sedimentary property (a deposition property) which promotes anisotropic etching of Al, besides BCl_3 , a similar effect can also be anticipated with SiCl_4 .

[0068] [Embodiment 4] The basic concept of the invention is based on a resist recession method. Accordingly, during Al etching the resist which is the mask is etched at the same time.

[0069] FIG. 7 is a graph showing the resist taper angle dependency of the Al taper angle before etching, calculated from the ratio of the resist etching rate and the Al etching rate (Al/resist selectivity) during anisotropic etching. Results for Al/resist selectivities of 0.2, 0.5, 0.8, 1.0, 1.5, and 2.0 are indicated by 4-1~6, respectively. When the Al/resist selectivity during etching is 1, the Al taper angle and the resist taper angle before etching are the same; however, when the Al/resist selectivity was less than 1, Al tapering was promoted. Conversely, when the Al/resist selectivity was more than 1, verticalization of the Al was promoted. Accordingly, etching conditions which promote the etching rate of the resist such that the Al/resist selectivity is less than 1 are preferable for Al tapering.

[0070] As a method which promotes resist etching, adding a gas which etches the resist but which does not etch Al, such as O_2 , CF_4 , SF_6 , or the like, to an etching gas can be considered.

[0071] The effect in the case where CF_4 was added to the etching gas for the Al taper angle was examined. Experiments were conducted with a post-baking temperature of 180 °C, a resist film thickness of 1.5 μm , and line widths of 5, 10, and 50 μm (experiment numbers 4-7-9). Here, CF_4 was added at a proportion of approximately 30% with respect to the total flow of the reaction gases BCl_3 and Cl_2 . Results are shown in Table 1.

Table 1

[0072]

| Resist line width (μm) | Al taper angle when CF_4 is added ($^\circ$) | Al taper angle when CF_4 is not added ($^\circ$) |
|--|--|--|
| 5 | 53 | 60 |
| 10 | 45 | 56 |
| 15 | 29 | 30 |

[0073] It can be seen that by promoting the resist etching rate, Al tapering is accelerated, at whichever line width. In commonly used resist recession methods O_2 is added in order to accelerate the etching rate of the resist. However, in Al etching, the reaction gas BCl_3 and the O_2 react and form an oxide of B, which causes generation of dust within a device, and the number of element defects increases; therefore, O_2 cannot be used. Accordingly, it is effective to add a gas which contains fluorine, such as CF_4 or SF_6 , from which the same effect of promoting the resist etching rate can be expected.

[0074] Further, using the Al taper dry etching method of this embodiment, an AlSiCu alloy gate with a very small taper angle of approximately 20° was obtained as an Al taper angle.

[0075]

[Effects of the Invention] According to the invention, by providing conditions for reducing a resist taper angle, conditions for ionic anisotropic etching, and conditions for promoting tapering, a resist pattern with a small taper angle can be transferred to Al, and an Al taper angle of 60° or less can be obtained. Accordingly, an effect whereby improvement of coverage by a film formed over an Al gate wiring, withstand voltage of a gate insulating film, and TFT characteristics can be contributed to is achieved.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] A figure illustrating an Al taper angle and a resist taper angle.

[FIG. 2] A graph which shows the post-baking temperature dependency of a resist taper angle according to Embodiment 1 of the invention.

[FIG. 3] A graph which shows resist application film thickness dependency of an Al taper angle according to Embodiment 1 of the invention.

[FIG. 4] A graph which shows a resist sensitivity curve of Embodiment 1 of the invention.

[FIG. 5] A graph which shows gas pressure-dependency of an Al taper angle during etching according to Embodiment 2 of the invention.

[FIG. 6] A graph which shows gas composition-dependency of an Al taper angle during etching according to Embodiment 3 of the invention.

[FIG. 7] A graph which shows resist taper angle-dependency of an Al taper angle of Embodiment 4 of the invention.

[FIG. 8] A cross-sectional view showing a TFT structure of a liquid crystal display.

[Reference Numerals]

1 substrate, 2 gate wiring, 3 gate insulating film, 4 channel, 5 source/drain, 6 source/drain electrode, 7 protective film, 8 Al, 9 resist.

Continued from front page

| (51) Int. Cl. ⁶ | I.D. No. | JPO File No. | FI | Tech. Indic. |
|----------------------------|----------|--------------|-------------|--------------|
| HO1L 21/3065 | | | HO1L 21/302 | G |